

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região ¹

Robson Leal da Silva², Aletéia Marcelle Primão da Silva³

¹ Aceito para publicação no 1º Trimestre de 2016

² Professor Dr. Na Universidade Federal da Grande Dourados, robsonsilva@ufgd.edu.br

³ Mestre em Produção e Gestão Agroindustrial pela Anhanguera- Uniderp, alemarcelle23@hotmail.com

Resumo

A biomassa é matéria-prima para a bioenergia, cujas transformações até o uso final da energia podem transitar pelas formas de biocombustíveis (biodiesel e álcool/etanol), biogás (resíduos agrícolas ou urbanos), carvão vegetal ou mesmo blocos aglomerados de resíduos vegetais (do inglês, *bricks*) para serem queimados e aproveitados como energia térmica em ciclos termodinâmicos a vapor. A busca por fontes de energia alternativa aos combustíveis fósseis, tendo em vista o interesse em características renováveis, a exemplo da biomassa tem crescido principalmente devido a fatores ambientais e econômicos. Neste artigo apresentam-se dados referentes à disponibilidade de matéria-prima da biomassa (arroz em casca) em doze municípios do estado de Mato Grosso do Sul, situados na denominada região da “Grande Dourados”, onde está instalada a UFGD. A questão relevante situa-se no contexto de acesso e uso final da energia (térmica, elétrica e outras) em regiões mais afastadas do país, onde a distribuição de eletricidade situa-se fora das redes principais, é precária ou mesmo inexistente, e combustíveis fósseis possuem um custo elevado associados ao transporte. Sendo assim, estas regiões requerem fontes isoladas para suprimento de energia local. Resultados são

discutidos e considerações feitas a respeito da potencial de energia que pode ser obtido na região, utilizando a biomassa como fonte renovável de energia via processo de combustão da matéria-prima originária da casca de arroz.

Palavras-chave: Biocombustíveis sólidos, energia renovável, sistemas térmicos, resíduos energéticos.

BIOENERGY FROM RESIDUAL BIOMASS: ENERGY POTENTIAL FROM RICE HUSK COMBUSTION IN DOURADOS-MS AND NEARBY CITIES

Abstract

Biomass is raw material for bioenergy, which transformations until energy final uses may be carried as biofuels (biodiesel and alcohol/ethanol), biogas (agricultural or urban residues), vegetal coal or even as vegetable waste blocks (brickets) to be burned and used as thermal energy in steam thermodynamic cycles. The search for alternative energy sources to fossil fuels, in view of the interest in its renewable characteristics, such as the biomass, has grown mainly due to economic and environmental factors. This article point out data on the availability of raw biomass (rough rice) in twelve districts of the Mato Grosso do Sul state, located in the region named “Grande Dourados”, where is installed the UFGD. The issue lies in the context of access and end use of energy (thermal, electrical and others) in more remote regions of the country where the distribution of electricity is situated outside the major networks, is weak or nonexistent, and fossil fuels have a high transportation costs. Thus, these regions require isolated sources of local energy supply. Results are discussed and considerations made about the potential of energy that can be obtained in the region, using biomass as renewable sources of energy through the combustion process of the raw material from rough rice.

Keyword: solid biofuels, renewable energy, thermal systems, waste to energy.

Introdução

Desde a década de 1970 a energia oriunda da biomassa tem sido um elemento de destaque no Brasil. Inicialmente com os programas do Governo Federal, por meio do

Ministério das Minas e Energia, o Pró-Álcool iniciado em 1975 e do Pró-Óleo, iniciado em 1978 e interrompido em 1985, mas retornando em 2002 com o nome Biodiesel. Historicamente o ser humano tem utilizado a biomassa como fonte de combustível há milhões de anos, destacando-se a madeira como a matéria-prima de maior utilização devido à facilidade e abundância disponível até então. Os processos de produção de calor para aquecimento do ambiente, cozimento de alimentos e até mesmo como instrumento de proteção foram os elementos motivadores para o uso intenso da madeira na forma de lenha. Galdino *et al* (2000)

Mais recentemente, o termo Bioenergia tem sido utilizado para caracterizar a obtenção de energia a partir da biomassa e que pode ser transformado em biocombustíveis (etanol ou biodiesel), biogás (ex: excrementos animais ou lixo urbano), em carvão vegetal, ou ainda pela queima direta dos resíduos vegetais (madeira), dentre outras. A avaliação de viabilidade técnica, econômica, social e ambiental de iniciativas para aproveitamento de energia de fontes locais e/ou regionais é uma das maneiras de difundir as possibilidades tecnológicas para alternativas sustentáveis de uso e consumo final da energia. Deve-se ressaltar que embora o processo de combustão não seja considerado limpo, tendo em vista a geração de poluentes, a biomassa é uma fonte renovável de energia da qual o Brasil possui uma imensa disponibilidade. Goldenberg e Villanueva (2003)

Estimativas da década de 1980 indicavam que, em áreas rurais onde a disponibilidade de lenha é abundante, esta fonte de energia representava ~85% de toda aquela consumida e também que o consumo per capita de madeira seca por ano era de 1500 kg. Valores desta fonte de energia estimados por regiões do planeta terra, correspondiam a ~ 65% para África e ~50% para a extremo oriente. (COELHO, 1982)

Diversas iniciativas têm surgido ao longo dos anos com vistas à produção de energia por meio de sistemas isolados como alternativa à ausência de sistemas interligados, a exemplo da iniciativa do Enermad do CENBIO utilizando resíduos de madeira para geração de eletricidade na região da Amazônia Legal (CENBIO, 2009). Esta proposta busca a utilização de resíduos florestais de manejo como matéria-prima em centrais termelétricas de pequeno porte cujo sistema de ciclo a vapor consome em torno de 1000 kg/h de resíduos da biomassa, gerando energia elétrica (200 kW de eletricidade/“bioeletricidade”) e também energia térmica na forma de calor (que pode ser aproveitado em diversos processos de aquecimento e/ou refrigeração, a exemplo da secagem ou conservação de produtos). Esta quantidade de madeira

residual, caso não fosse aproveitada para queima, costuma ter como destino final a acumulação em montes em torno dos empreendimentos e que seria responsável pela emissão de gás metano que é um dos responsáveis pelo aquecimento e alterações climáticas do planeta.

O uso da biomassa como matéria prima para a bioenergia tem sido fomentado em ações tais como: a) Busca por variedades vegetais de maior produtividade; b) Desenvolvimento de processos e equipamentos de maior eficiência para transformação da biomassa em bioenergia. A região Centro-Oeste e Norte do Brasil possui características próprias que as distanciam significativamente das condições encontradas nas regiões sul e sudeste do país. As características geográficas, a exemplo das distâncias envolvidas entre municípios e tamanho da área ocupada aliada ao baixo número de habitantes (geralmente abaixo de 50 mil), aliada a pouca disponibilidade de energia elétrica distribuída por redes interligadas resulta em dificuldade ou nulidade no acesso à energia em suas formas mais usuais (eletricidade) facilmente encontradas em cidades maiores.

Uma área territorial de 21.329,5 km² compreende a região da Grande Dourados, composta por uma dúzia de municípios, totalizando algo em torno de 318.244 habitantes com IDH médio de 0,76 (MDA - Governo Federal, 2009). Além da cidade-polo de Dourados, os demais municípios componentes são: Caarapó, Deodápolis, Douradina, Fátima do Sul, Glória de Dourados, Itaporã, Jateí, Juti, Nova Alvorada do Sul, Rio Brilhante e Vicentina. Diante do cenário regional, o município de Dourados-MS, desempenha o papel de um centro regional cujo setor de destaque concentra as atividades de agroindústrias e da agropecuária (IBGE, 2006), respondendo por 0,51% do PIB nacional quando avaliado em conjunto com outros polos da região Centro-Oeste (Rondonópolis no estado de Mato Grosso, Anápolis, Rio Verde e Catalão em Goiás). A produção de grãos (soja e milho), a indústria de alimentos e atividades do setor frigorífico (avicultura e suinocultura) responde pelos principais setores econômicos em atividade na região da “Grande Dourados”.

Conforme Lora (1997), duas categorias de biomassa se destacam: tradicional, da qual fazem parte a lenha, o carvão vegetal, a palha e a casca de arroz, resíduos de origem vegetal ou animais; moderna, na qual estão inseridos os resíduos da utilização industrial da madeira, bagaço da cana-de-açúcar, culturas energéticas e resíduos urbanos.

Diversos trabalhos recentes na literatura técnico-científica buscam destacar o uso da biomassa como fonte renovável de energia. Eckert *et al* (2013) destacam algumas culturas agrícolas de inverno, tais como milho e canola, dentre outras. Exemplos do uso da biomassa

residual (floresta plantada de Eucalipto) de origem agroindustrial é apresentado por Ferreira *et al* (2014), para utilização de resíduos celulósicos oriundos da fabricação de papel, ou mesmo por Santiago e Rezende (2014) ressaltando o uso de galhos de pequenos diâmetros e cascas remanescentes da colheita da madeira que pode representar parcela de ~15% da energia elétrica produzida por empresa madeireira.

Frigo *et al* (2015) destacam o aproveitamento energético da biomassa residual de origem animal, a exemplo dos dejetos da suinocultura, como necessária para viabilizar o saneamento ambiental rural e com a consequente obtenção de biogás (biocombustível gasoso) e adubo orgânico.

Objetivos

Do exposto, o objetivo deste artigo é realizar uma avaliação da disponibilidade de matéria-prima oriunda de atividades rurais (agricultura e pecuária) e agroindustriais na região sul do estado de Mato Grosso do Sul, compreendendo 12 municípios em torno do polo centralizado na cidade de Dourados-MS. A partir desta avaliação, realizar estimativas de potencial de energia (J) e potência térmica (W) que podem ser obtidas a partir da combustão da casca de arroz (biomassa residual do cultivo agrícola do arroz) e comparar com potencial disponível no estado de MS e da região Centro-Oeste.

Os resultados obtidos neste trabalho permitirão conhecer aspectos quantitativos da biomassa residual disponível na região e indicar rotas tecnológicas para conversão de biomassa residual de origem agrícola (casca de arroz) em energia térmica, a ser utilizada em aplicações diversificadas, a exemplo daquelas exemplificadas por Mourad, Abrogi e Guerra (2004) e Moraes *et al* (2006).

Materiais e métodos

Origem da matéria-prima para biomassa

Atividades rurais (agricultura, pecuária e criação de outros animais para corte), atividades agroindustriais e urbanas são geradoras de resíduos diversos que não são aproveitados. Dentre estes, destacam-se pela sua grande quantidade disponível, os resíduos de origem agrícola (ex: restos de biomassa durante a colheita), florestal e da criação de animais para corte ou de origem urbana (ex: lixo recolhido e armazenado em locais próprios).

É possível realizar uma estimativa quantitativa dos resíduos proveniente de atividades rurais por meio de índices de colheita, que relacionam a quantidade que é aproveitada (do ponto de vista econômico e alimentar) de uma determinada espécie cultivada (ex: soja, milho, arroz, amendoim e outros) e a quantidade de biomassa total que existe por hectare cultivado desta variedade. Outra parcela da quantidade total é aproveitada com a finalidade de adubação e proteção do solo para safras posteriores.

Em se tratando de resíduos de origem florestal, estima-se o índice que relaciona a quantidade total de biomassa e a quantidade de resíduos seja em torno de 20% (CENBIO, 2009), ou seja, para uma árvore de 1000 kg, cerca de 200 kg são deixados no local de extração da madeira. Isto sem considerar as atividades intermediárias de processamento da madeira que envolve procedimentos para serrar e cortar em tamanhos de interesse, que geram ainda mais resíduos na forma de pó de serra que se acumula nas serrarias. A transformação da biomassa florestal (madeira) em produtos energéticos (ex: carvão vegetal e briquetes) ou outros produtos não-energéticos (ex: alimentação e artesanato) possui um elevado potencial para de fornecimento de matéria-prima que pode resultar em bioenergia (energia da biomassa).

A atividade da pecuária e também a da criação de outros animais (ex: avicultura e suinocultura) produz resíduos na forma de esterco animal e outros. Estes resíduos de origem biológica estão sujeitos a transformações químicas que produzem gás metano, sendo este um importante insumo energético que resulta no biogás. Tanto o biogás de origem rural quanto urbana (também de origem biológica), pode ser aproveitado em mini-centrais termelétricas ou turbinas a gás que realizam o processo de combustão. A transformação da energia química contida neste combustível resulta, ao mesmo tempo, em energia térmica (na forma de calor) e energia elétrica (na forma de eletricidade).

Estimativa do potencial energético

Para efetuar a estimativa do potencial de energia disponível a partir da biomassa, foi adotada a metodologia de cálculo para conversão energética proposta pelo CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa localizado na USP – Universidade de São Paulo (CENBIO, 2009). Esta metodologia é representada pelas Eqs. (1) e (2), cuja unidade de energia gerada é dada no S.I. em J (Joules ou múltiplos - $\text{GJ} = 10^6 \text{ J}$, ou ainda em TEP - Tonelada Equivalente de Petróleo ou $\text{MWh/ano} = \text{J}$) e a potência obtida durante o ano dada em W (ou múltiplos - $\text{kW} = 10^3 \text{ W}$):

$$Energia(GJ) = \eta.PCI.(0,3.Q_{ide}arroz) \quad (1)$$

$$Potência(MW) = \frac{Energia(GJ)}{Tempo(h)} = \frac{\eta.PCI.(0,3.Q_{ide}arroz)}{8322} \quad (2)$$

Visto que este artigo busca levantar o potencial disponível e perspectivas para utilização da biomassa na forma de bioenergia na região Centro-Oeste, os dados a serem trabalhados dizem respeito essencialmente à produção agrícola de algumas espécies cultivadas nos doze municípios que compõe a região da grande Dourados. Estas informações foram extraídas da base de dados disponibilizada pelo IBGE (PAM - Produção Agrícola Municipal, 2009) que apresenta a disponibilidade de resíduos rurais dos municípios (produção agrícola, extração de madeira e atividade pecuária), mais especificamente a quantidade de arroz (com casca) produzida em cada município. O resíduo agrícola considerado para o arroz é a casca, que representa 30% em massa do peso total produzido. A casca de arroz possui um PCI (Poder Calorífico Inferior) de 3,935 kWh/kg (equivalente a 3384,09 kcal/kg ou 14,16 MJ/kg), conforme informações de Coelho, Paletta e Freitas (2000).

Processos de combustão

Foram assumidos três valores para a eficiência de conversão de resíduos da biomassa: $\eta = 15\%$ (sistemas de baixo rendimento termodinâmico, caldeira 20 bar e turbina de condensador atmosférico), $\eta = 20\%$ (gaseificador e motor) e $\eta = 30\%$ (ciclos a vapor de médio porte). Considera-se ainda que o sistema de conversão energética opere durante 90% do tempo disponível durante o ano ($0,95 \times 365 \times 24 = 8322$ horas).

Tabela 1 reúne informações coletadas referentes à PAM - Produção Agrícola Municipal de arroz em casca durante o período de 2003 a 2007, nos municípios da região compreendida pela grande Dourados, no estado de Mato Grosso do Sul, na região Centro-Oeste e no Brasil.

TABELA 1: Produção de Arroz (em casca) no período 2003-2007.

	2007	2006	2005	2004	2003
Área de Abrangência	Arroz (Ton)	Arroz (Ton)	Arroz (Ton)	Arroz (Ton)	Arroz (Ton)
RGD (Região da Grande	128.494	109.730	124.676	151.497	159.276

Dourados)					
MS (Mato Grosso do Sul)	207.899	187.768	224.831	241.177	238.588
CO (Centro-Oeste)	1.164.863	1.138.356	2.862.821	2.788.013	1.736.406
BR (Brasil)	11.060.741	11.526.685	13.192.863	13.277.008	10.334.603
(%) = RGD / MS	61,81%	58,44%	55,45%	62,82%	66,76%
(%) = MS / CO	17,85%	16,49%	7,85%	8,65%	13,74%
(%) = CO / BR	10,53%	9,88%	21,70%	21,00%	16,80%

FONTE: Adaptado de IBGE- PAM 2003-2007 (2015)

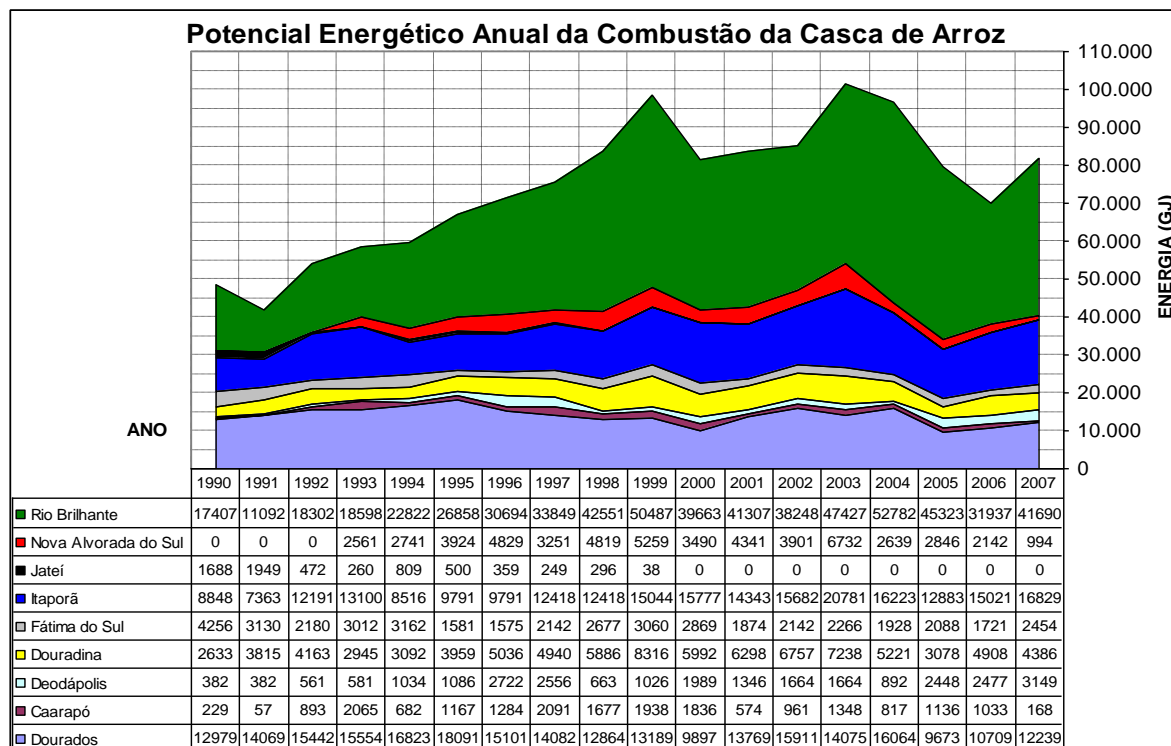
A casca de arroz corresponde a uma quantidade aproximada de 128 mil toneladas para os doze municípios mencionados, apenas se considerarmos o ano de 2007. Sendo este um resíduo da cultura de arroz, percebe-se que o volume de material é bastante elevado e, portanto, o aproveitamento como fonte de energia é interessante também do ponto de vista do armazenamento, além da produção de energia via processo de combustão (queima).

Resultados e discussão

A quantidade de energia térmica obtida via processo de combustão é apresentada na FIG. 1, conforme Eq. (1). Estes resultados contemplam nove dentre os doze municípios na região da Grande Dourados, visto que os outros três municípios apresentaram produção nula de arroz em quase todo o período avaliado. Os valores obtidos correspondem a processos térmicos para os quais é possível obter $\eta = 15\%$ na transformação da biomassa em energia térmica (calor de processo, tipicamente vapor em caldeiras).

O município de destaque é Rio Brilhante, seguido por Dourados e Itaporã entre 1990 e 2002 e daí em diante a ordem destes dois últimos se inverte. Os três municípios juntos representam mais de 80% da produção da região. Destacam-se os potenciais crescentes dos municípios de Rio Brilhante, Itaporã e Dourados, alcançando em 2007 respectivamente, ~42.000 GJ, ~17.000 GJ e ~12.000 GJ. O potencial total de bioenergia em Dourados e região alcançou 100.000 GJ em 2003.

FIGURA 1: Energia (GJ) via combustão de biomassa (casca de arroz) - Processo A ($\eta=15\%$).



Especificamente no período 2003-2007, a TAB. 2 mostra o montante para a região da Grande Dourados (idem FIG. 1), comparado aos totais relativos ao estado de Mato Grosso do Sul, da região Centro-Oeste e do Brasil, considerando cálculos realizados para todas estas áreas de abrangência. Percebe-se, a partir dos dados históricos reunidos nas TAB. 1 e 2, e na FIG. 1, considerando a média histórica do período de analisado (18 anos), que a RGD é responsável por 52,76% do total de biomassa oriunda da casca de arroz, no estado de MS. Neste mesmo período, na região CO, o estado de MS representou 14,96% (e alcançou 17,85% no ano de 2007) do total disponível desta biomassa residual, enquanto que a região CO representou para o Brasil 15,31% da produção nacional. Analogamente, estas mesmas proporções aplicam-se também à quantidade de energia (GJ ou TEQ) que se pode obter.

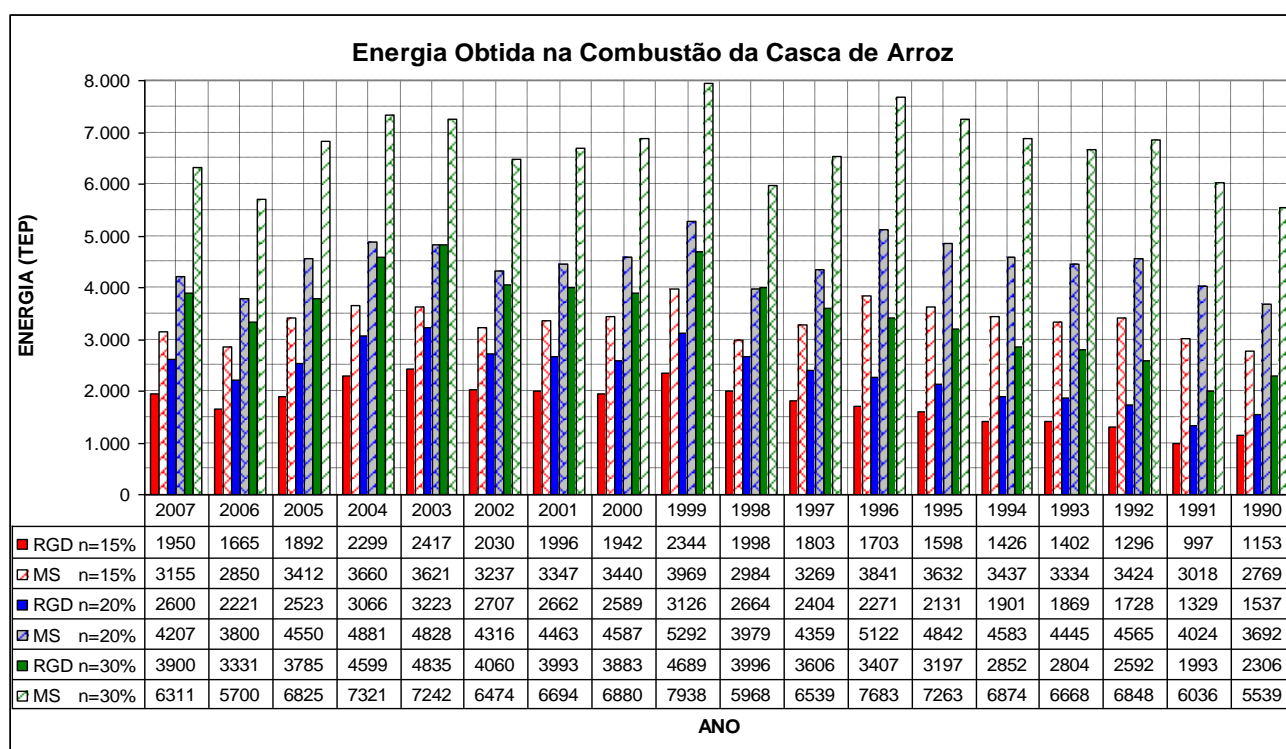
TABELA 2: Energia (GJ = 10^6 J) obtida a partir da combustão de biomassa (casca de arroz).

Área de Abrangência	2007 Energia (GJ)	2006 Energia (GJ)	2005 Energia (GJ)	2004 Energia (GJ)	2003 Energia (GJ)
RGD (Região da Grande Dourados)	81.910	69.949	79.476	96.573	101.532
MS (Mato Grosso do Sul)	132.528	119.695	143.321	153.741	152.091
CO (Centro-Oeste)	742.555	725.658	1.824.937	1.777.250	1.106.891
BR (Brasil)	7.050.791	7.347.813	8.409.936	8.463.575	6.587.907

A FIG. 2 apresenta, para um período histórico de 18 anos (1990-2007), a quantidade de energia (em TEP) que pode ser obtida a partir da combustão da biomassa oriunda da casca de arroz na RGD e no CO. Estes resultados consideram processos térmicos para os quais é possível obter $\eta = 15\%$, 20% ou 30% na transformação da biomassa em energia térmica, na forma de calor. Uma TEP é a energia que se obtém a partir da queima/combustão de 1000 kg de petróleo bruto.

Percebe-se que uma região composta de 12 municípios (RGD) é bastante significativa na produção estadual de matéria-prima da biomassa que pode ser transformada em energia térmica. O estado de MS e a região CO são equivalentes em suas quantidades produzidas em relação, respectivamente, ao CO e ao Brasil. Assim, o destaque do estudo apresentado neste trabalho é no contexto loco-regional, para o qual se observa a possibilidade de produção de energia em pequenas e médias escalas a partir da biomassa obtida a partir de resíduos agrícolas diversos e mais especificamente da cultura do arroz em casca.

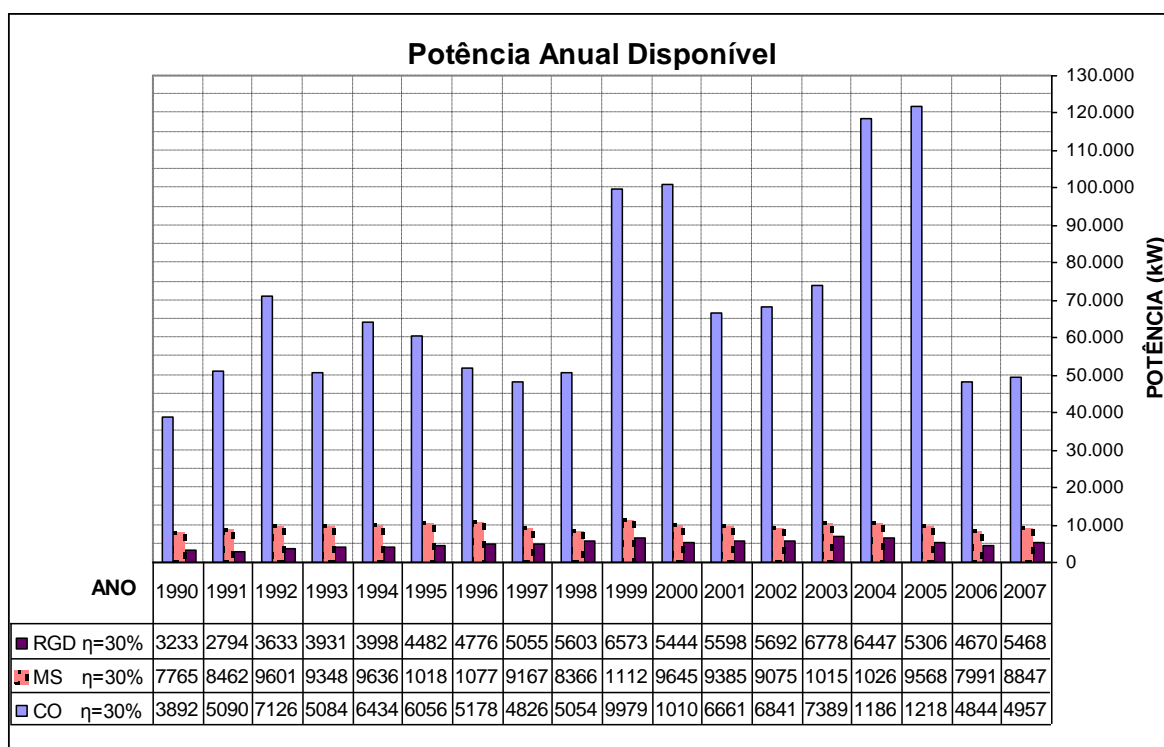
FIGURA 2: Energia (TEP) obtida na combustão de biomassa (casca de arroz) - Processos A ($\eta=15\%$), B ($\eta=20\%$) e C ($\eta=30\%$).



Para uma avaliação em termos da potência elétrica que poderia ser instalada e fornecida, por meio de centrais termoeletricas de pequeno e médio porte, cujo funcionamento é por meio de ciclos termodinâmicos a vapor, a FIG. 3 indica os valores correspondentes para a RGD e o MS, considerando $\eta = 15\%$, 20% ou 30% na transformação da biomassa em energia térmica.

Ao considerarmos a produção isolada de um único município, apenas aqueles de maior produtividade (Dourados, Itaporã ou Rio Brilhante) teriam capacidade para geração superior a 200 kW de potência elétrica instalada. No entanto, como as distâncias envolvidas entre os doze municípios da RGD não ultrapassam algumas dezenas de quilômetros, torna-se interessante considerar a possibilidade de uso da biomassa total disponível na região e que poderia ser transformada em processos combinados de cogeração de energia, resultando em potência e calor de processo. Qualquer máquina e/ou processo térmico sempre possui como produtos finais calor (energia térmica) e trabalho (potência na forma de movimento de eixo), tornando interessante aproveitar-se de ambas as formas finais de energia.

FIGURA 3: Potência (kW) disponível via energia térmica da biomassa (casca de arroz).



Recentemente um mapeamento do potencial de biomassa no Brasil, destacando o aproveitamento de resíduos para produção de até 200 kW por município foi divulgado e mostra a importância local e regional de cada fonte de biomassa (CENBIO, 2009). Com os resultados aqui apresentados, busca-se destacar ainda mais a importância do uso da biomassa de resíduos agrícolas em mais de um município de maneira a viabilizar ainda mais a instalação de uma central para produção de bioenergia. Atualmente as áreas de cultivo para culturas com fins energéticos podem ser avaliadas por meio de geoprocessamento (SIG – Sistemas de Informações Geográficas e técnicas de sensoriamento remoto), conforme exposto por Miura *et al* (2011). Ou mesmo, tecnologias para identificação de florestas plantadas para fins energéticos, a exemplo do eucalipto, Nonato e Abreu (2015).

As tecnologias disponíveis para transformação da energia, variando entre 15 e 30% de aproveitamento, podem ainda ser melhoradas. Mesmo assim, nestes níveis de eficiência a potência que pode ser obtida na RGD fica entre 2500 e 5000 kW, de acordo com a média histórica em 18 anos da produtividade agrícola municipal (IBGE, 2009) que foi utilizada para composição das estimativas aqui apresentadas. Do ponto de vista de pequenos produtores agrícolas, não apenas no Brasil, mas também em outros países da América Latina, a capacidade para produção de energia de pequeno porte é demonstrada pelos dados aqui apresentados e que dizem respeito à quantidade de energia e potência que se pode obter da cultura de arroz (em casca).

Conclusões e considerações finais

Vale destacar que no caso da biomassa, a terminologia “fonte limpa de energia” não é o mais adequado e sim o termo de “fonte renovável” de energia. Isso porque invariavelmente a transformação da biomassa (matéria prima energética) em outras formas de energia requer tipicamente um processo de combustão associado, que por sua vez resulta na emissão de gases poluentes. Portanto, uma avaliação mais adequada dessas emissões deve considerar a comparação com aquelas resultantes da combustão de outros combustíveis fósseis (sólidos: carvão mineral, xisto, etc; líquidos: gasolina, diesel, etc; gasosos: gás natural e outros).

Do exposto, as perspectivas para uso da biomassa e bioenergia resultante, como elementos capazes de diversificar a matriz energética do Brasil, com utilização sustentável de pequeno e médio porte no contexto local e regional, é bastante promissora para a região Centro-Oeste e Norte do Brasil. A região Norte é mais notável pela disponibilidade de

biomassa na forma de resíduos florestais da exploração de reservas naturais via manejo ou do reflorestamento, enquanto que a região Centro-Oeste é mais promissora quanto à disponibilidade de resíduos agrícolas graças ao fato da sua condição de maior produtor agrícola do Brasil. Dada às dimensões continentais do Brasil, cada região oferece em abundância algum recurso natural que pode ser convertido em energia.

Aplicações e tecnologias diversas podem ser aplicadas no processo de conversão da biomassa residual em energia térmica ou mesmo pelo simples uso desta como combustível sólido. Dentre uso em atividades rurais, pode-se mencionar a secagem de produtos agrícolas (AFONSO Jr., OLIVEIRA Filho e COSTA, 2006). Tecnologias mais elaboradas de conversão incluem combustão somente após processo de gaseificação, que obtém biocombustível gasoso e então tem-se processo de conversão em energia térmica mais eficiente (SILVA, SOBRINHO e SAIKI, 2004).

Dos resultados apresentados neste artigo, destacam-se:

- i) Potencial de bioenergia anualmente disponível em Dourados e região é superior a 100.000 GJ, destacando-se três municípios (Rio Brilhante, Itaporã e Dourados) com mais de 80% do total de biomassa residual (casca de arroz);
- ii) No período analisado (18 anos), valores médios indicam a RGD como responsável por ~53% no estado de MS, do total de biomassa oriunda da casca de arroz (e por analogia, da quantidade potencial de energia/potência), e o estado de Mato Grosso do Sul com ~15% da região CO, e também ~15% do Brasil pela região Centro-Oeste;
- iii) Identificou-se contexto loco-regional, com potencial para conversão de energia (pequena e média escala) a partir da biomassa residual agrícolas, especificamente da casca do arroz;
- iv) Um único município (ex: Dourados, Itaporã ou Rio Brilhante), tem capacidade para conversão de energia em quantidade superior a 200 kW de potência elétrica instalada.

Referências

- AFONSO Jr., P. C.; OLIVEIRA FILHO, D.; COSTA, D. R. Viabilidade econômica de produção de lenha de eucalipto para secagem de produtos agrícolas. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 26, n. 1, p. 28-35, jan-abr. 2006.
- CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. Org. COELHO, S. T. et al. **Atlas de bioenergia do Brasil**. São Paulo: CENBIO, 2008.
- COELHO, J.C. **Biomassa, biocombustíveis, bioenergia**. MME – Ministério das Minas e Energia, Brasília-DF, 1982. 100p.
- COELHO, S.T.; PALETTA C. E. M.; FREITAS, M. A. V. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**, Brasília: Dupligráfica, 2000.
- ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; BASTOS, R. K.; MARI Jr., A.; MARI, A. G.; CABRAL, A. C. Biomassa residual vegetal. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 32-44, 2013.
- FERREIRA, I. T. M.; SCHIRMER, W. N.; MACHADO, G. O.; GUERI, M. V. D. Estimativa do potencial energético de resíduos celulósicos de fabricação de papel através de análise imediata. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 284-297, 2014.
- FRIGO, E. P.; ALVES, H. J.; FRIGO, M. S.; ARAUJO, C. H. C.; BASTOS, R. K. Biomassa residual rural proveniente de diferentes atividades agropecuárias brasileiras. **Energ. Agríc., Botucatu**, v. 30, n. 1, p. 21-261, janeiro-março. 2015.
- GALDINO, M. A.; LIMA, J. H. G.; RIBEIRO, C.M.; SERRA, E. T. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil, **Revista da DIRENG**. Rio de Janeiro, Brasil, pp. 17-25. 2000
- GOLDENBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Edusp, 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PAM – Pesquisa Agropecuária Municipal** 1990-2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- LORA, E. S. Tecnologia e aplicação racional de energia elétrica e de fontes renováveis na agricultura. **In:** An. 26. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, p. 97-128. 1997.
- MIURA, A. K.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANJOS, S. D.; LUIZ, A. J. B. Avaliação de áreas potenciais ao cultivo de biomassa para produção de energia e uma contribuição de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 31, n. 3, p. 607-620, maio-jun. 2011.

MORAIS, M. *et al.* Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação. **In:** An. 6. Encontro de Energia no Meio Rural (AGRENER-GD), UNICAMP: Campinas-SP, 2006.

MOURAD, ANNA L.; AMBROGI, V. S. e GUERRA, S. M. G. Potencial de utilização energética de biomassa residual de grãos. **In:** An. 5. Encontro de Energia no Meio Rural (AGRENER-GD), UNICAMP: Campinas-SP, 2004.

NONATO, C. T.; ABREU, Y. V. Mineração de dados para identificação de florestas plantadas destinadas à produção de bioenergia utilizando imagens de satélites. **Energ. Agric., Botucatu**, v. 30, n. 3, p. 290-301, julho-setembro. 2015.

SANTIAGO, F. L. S.; REZENDE, M. A. Aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus spp* na indústria de fabricação de celulose para geração de energia térmica e elétrica. **Energ. Agric., Botucatu**, v. 29, n. 4, p. 241-253, outubro-dezembro. 2014.

SILVA, J. N.; SOBRINHO, J. C.; SAIKI, E. T. Gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p. 405-411, maio-ago. 2004.